

I-519

衝撃波を用いた橋台裏込めの模型破壊実験

日本道路公団 正会員 ○佐久間智, 松田哲夫, 佐藤 孝, 前田良文
株式会社フジタ 正会員 中野浩之, 斉藤悦郎, 池見 拓

1. はじめに

筆者らの一連の研究¹⁾は橋台に作用する土圧の軽減効果に着目して、セメント安定処理土を橋台の裏込め土へ適用する場合の実用化に対する諸問題の把握を目的としている。現在までに中ひずみレベルでの模型振動実験から背面土圧の軽減効果や地震時の安定性が検討され、その優位性が確認されてきた。本文では、今後安定処理土を適用した橋台の合理的な設計法を検討していくにあたって必要となる極限状態での橋台裏込めの破壊形状を調べるため、小模型の破壊実験を行ったのでその結果を報告する。

2. 模型破壊実験

模型破壊実験は動的外力として衝撃荷重を用いた²⁾。衝撃波としたのはできるだけ模型の固有周期に近い短周期の波を入力し、せん断振動による破壊を生じさせるためである。図-1に模型装置の概要を示す。模型は水平面との傾き α が変えられる傾斜台とその上を滑動する土槽からなっている。鋼製の土槽は前面が模型の破壊状況を観察できるように透明アクリル板で作製され、振動直交方向の土槽内側面には模型がせん断振動しやすいように弾性材³⁾の境界を設けた。実験は時間の相似比や模型の固有振動数を考慮して衝撃波の強さや時間特性を模型装置の傾斜角度や滑動距離などで予め調整した後、盛土模型の入った土槽を傾斜台に沿って滑らせ、下端にある固定台に衝突させることで行った。相似則については材料選択や実験条件の設定に際して必要となるいくつかの相似関係の検討をした(表-1)。模型のせん断強度は内部摩擦角 ϕ と粘着力 c に依存することから今回のような小型の破壊実験では特に試料土の粘着力の設定が重要となり、粘着力 c が模型の強度に及ぶ影響が大きくなる。ここでは試料土として小名浜砂($G_s=2.74$, $D_{50}=0.232\text{mm}$, $U_c=1.86$)を用い、砂の含水量の違いによって生ずる見かけの粘着力の相違で一般盛土材と安定処理土の盛土材をモデル化した。含水比 w によって生ずる砂の粘着力の値は u の自立式を利用した予備実験で求め、盛土の材料特性値を決定した。その結果、 $\gamma_t=1.4\text{tf/m}^3$ とし非安定処理土の盛土材は $w=0.8\%$ 、安定処理土は $w=3.0\%$ を目標設定値とした。橋台裏込めの破壊形状は橋台の滑動、転倒などの変形状態に依存するため、①橋台の滑動のみにより生ずる破壊と②橋台の滑動と地盤の支持力不足により生じる破壊の2タイプの破壊形状を対象とした。表-2に実施したケースを示す。

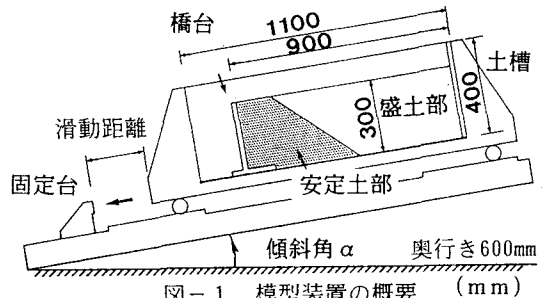


図-1 模型装置の概要 (mm)

表-1 相似則

加速度	$a_m/a_p = \lambda / \tau^2 = 1$
時間	$\tau = \lambda^{1/2}$
粘着成分	$c_m/c_p = \rho_m/\rho_p \cdot \lambda$
摩擦成分	$\mu_m/\mu_p = \tan \phi_m / \tan \phi_p = 1$

ρ : 密度 λ : 長さ比 m : 模型 p : 実物

表-2 実験ケース

タイプ	実験名	裏込め種類	勾配	回数
滑動	CASE 1	非安定処理土	—	3
	CASE 2	安定処理土	1:1	3
	CASE 3	安定処理土	1:2	3
	CASE 4	安定処理土	1:1 逆形	1
	CASE 7	安定処理土	1:1 壁状	1
滑動+支持力	CASE 5	非安定処理土	— *	2
	CASE 6	安定処理土	1:1 *	2

入力波形は模型の固有周期に近いものが望まれ、ここでは加速度振幅 $a=2.5\text{ G}$ 、振動数 $25\sim 30\text{Hz}$ の衝撃波形(傾斜角度 $\alpha=2^\circ$ 滑動距離 200mm)を用いた。この衝撃力はエネルギーの等価性から考えると 500gal の正弦波 ~ 10 波程度に相当するもので、この模型に対してはかなり過大な入力与えられることになる。また、計測は加速度と背面動土圧を測定し、目視によって破壊形状や盛土の変形量を調べた。

*印のタイプは図-1の橋台下部に地盤部を設ける。

3. 実験結果

表-3には実験結果の一部である滑動型の破壊実験（CASE1,2）で得られた橋台の残留変位と盛土の変形量、すべり面の水平角の値を示す。また図-2には非安定処理土であるCASE 1、安定処理土であるCASE 2の破壊状況図を示す。破壊形状は各3回毎の実験でほぼ同様の形が得られており、非安定処理土（CASE 1）の場合、すべり面の形状は7-チング後趾の端部を中心として逆三角のくさびが生じ、盛土の深部ほどくさび部分の沈下が大きくなっている。

表-3 実験結果（滑動型 CASE-1,2 の場合）

	実験名	橋台変位 $\delta 1$ (mm)	地表沈下 $\delta 2$ (mm)	地中沈下 $\delta 3$ (mm)	すべり面の水平角
非安定 処理土	CASE 1 3回	19.5	10.0	10.0	56°
		23.0	13.0	14.0	51°
		25.0	19.0	15.0	60°
	平均値	22.5	14.0	13.0	56°
安定 処理土	CASE 2 3回	8.0	2.0	1.0	34°
		8.0	3.0	2.0	34°
		10.0	2.0	1.0	50°
	平均値	8.7	2.3	1.3	39°

一方、安定処理土（CASE 2）の場合の破壊形状は、すべり面が7-チング後趾の端部から発し斜め後方に延びており、すべり面上部の裏込め部と橋台が一体化した形で動いている。また、橋台や盛土内の変形量は非安定処理土のそれに比較してかなり小さい。図-3には安定処理土の破壊実験（CASE 2）で計測された加速度波形と動土圧波形の一例を示す。定量的な考察は難しいが大局的に傾向を見るとすべり面発生によるエネルギーの吸収により、盛土天端A2での応答加速度は入力A1に対してかなり落ちていることがわかる。

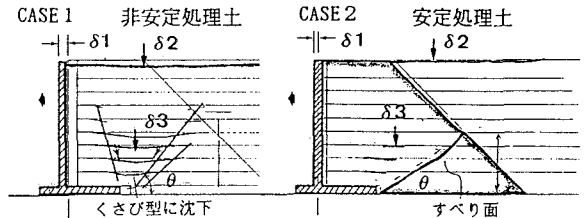
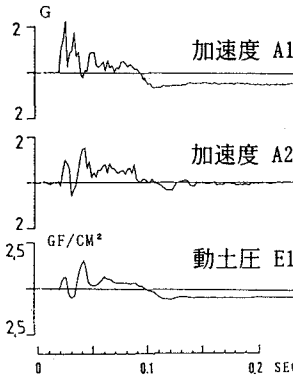


図-2 破壊状況

図-3には安定処理土の破壊実験（CASE 2）で計測された加速度波形と動土圧波形の一例を示す。定量的な考察は難しいが大局的に傾向を見るとすべり面発生によるエネルギーの吸収により、盛土天端A2での応答加速度は入力A1に対してかなり落ちていることがわかる。



4. おわりに

設計法へ問題を帰着させるため安定処理土の極限的な破壊形状を調べる模型破壊実験を行った。その結果、以下のことがわかった。

- 1) 安定処理土の場合、材料強度が大きく 図-3 加速度と動土圧波形例 なるため破壊は一般の盛土に比べて極めて生じにくいこと。
- 2) 極めて過大な入力を与えて破壊させた場合、図-4に模式的に示すような破壊形状となること。非安定処理土の場合に地表面からAB, AD までの領域が塑性し、AC面全域にわたって盛土からの土圧が作用するのに対して、安定処理土の場合では破壊はAからBに沿って生じ、EBD のくさびに相当する土圧がEB面に作用する形となっている。

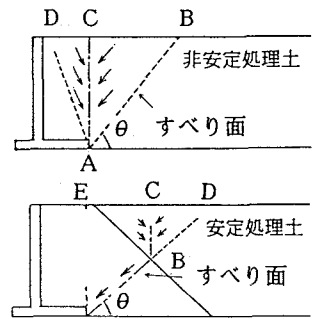


図-4 破壊形式の模式図

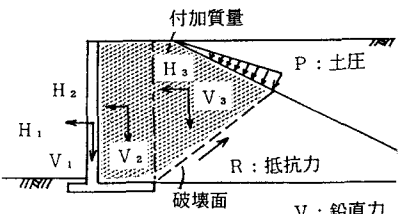


図-5 設計作用力

破壊形状から見ると、例えばすべり面の入った位置で裏込めをロック化して扱い、安定処理土材のすべり面ABでの抵抗力や裏込め部EBA の付加質量を考慮したような安定計算法なども考えられる（図-5）。

今後、これらの実験結果を踏まえて具体的に安定処理土適用時の橋台設計法を検討していく予定である。

（文献）

- 1) 佐久間ら：裏込めにセメント安定処理土を施した橋台の模型振動実験，第8回日本地震工学シンポジウム，1990
- 2) T.OHMACHI：IMPULSIVE FAILURE EXPERIMENTS ON V-SHAPED SLOPING EMBANKMENTS. VOL.24,1984
SOIL & FOUNDATION.